

## PHOTOVOLTAIC ELEMENT

Publication number: JP2003124483 (A)

Publication date: 2003-04-25

Inventor(s): OKUMURA KENICHI +

Applicant(s): TOYOTA MOTOR CORP +

Classification:

- international: **H01L31/04; H01L31/04;** (IPC1-7): H01L31/04

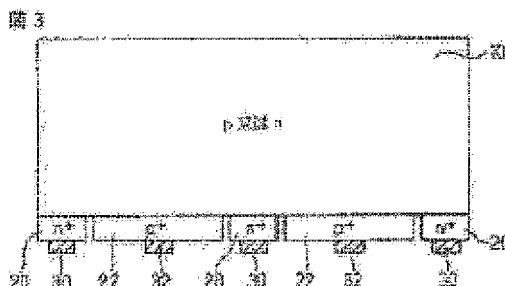
- European:

Application number: JP20010319717 20011017

Priority number(s): JP20010319717 20011017

### Abstract of JP 2003124483 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a rear surface electrode type photovoltaic element in which a performance is improved by preventing a leakage current from passing through between a p<+>-type layer and an n<+>-type layer provided as diffused layers on a rear surface by a tunnel effect by electrically separating the p<+>-type layer and the n<+>-type layer. **SOLUTION:** The rear surface electrode type photovoltaic element comprises a semiconductor substrate 10, a p<+>-type semiconductor layer 22 and an n<+>-type semiconductor layer 20 formed on the rear surface of the substrate 10 by diffusion and having higher carrier concentrations than the carrier concentration of the substrate 10, and a positive electrode 32 and a negative electrode 30 respectively connected to the layer 22 and the layer 20. In this photovoltaic element, a groove is formed between the layer 22 and the layer 20.





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-124483  
(P2003-124483A)

(43) 公開日 平成15年4月25日 (2003. 4. 25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 31/04

識別記号

F I  
H 0 1 L 31/04

テ-マ-ト\* (参考)  
A 5 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-319717(P2001-319717)

(22) 出願日 平成13年10月17日 (2001. 10. 17)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 奥村 健一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

Fターム(参考) 5F051 AA02 CB20 CB21 DA03 FA06  
GA04

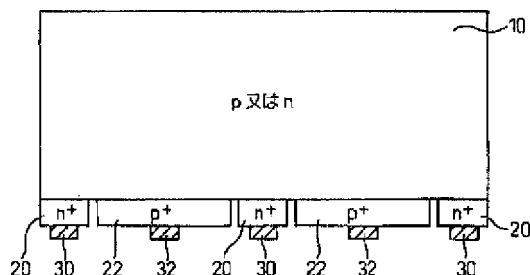
(54) 【発明の名称】 光起電力素子

(57) 【要約】

【課題】 裏面に拡散層として設けられるp<sup>+</sup>型層とn<sup>+</sup>型層とを電気的に分離してトンネル効果によりそれらの間をリーク電流が通り抜けるのを防止することにより性能の向上を図った裏面電極型光起電力素子を提供する。

【解決手段】 半導体基板10と、該半導体基板10の裏面に拡散により形成され、該半導体基板10のキャリア濃度よりも高いキャリア濃度を有するp<sup>+</sup>型半導体層22及びn<sup>+</sup>型半導体層20と、該p<sup>+</sup>型半導体層22及びn<sup>+</sup>型半導体層20にそれぞれ接続された正電極32及び負電極30と、を備えた裏面電極型の光起電力素子において、該p<sup>+</sup>型半導体層22と該n<sup>+</sup>型半導体層20との間に溝が形成される。

図 3





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、

前記半導体基板の裏面に拡散により形成され、前記半導体基板のキャリア濃度よりも高いキャリア濃度を有するp<sup>+</sup>型半導体層及びn<sup>+</sup>型半導体層と、

前記p<sup>+</sup>型半導体層及びn<sup>+</sup>型半導体層にそれぞれ接続された正電極及び負電極と、

を備えた裏面電極型の光起電力素子において、

前記p<sup>+</sup>型半導体層と前記n<sup>+</sup>型半導体層との間に溝が形成されていることを特徴とする光起電力素子。

【請求項2】 前記溝が絶縁性物質で埋められていることを特徴とする、請求項1に記載の光起電力素子。

【請求項3】 前記p<sup>+</sup>型半導体層又はn<sup>+</sup>型半導体層と前記半導体基板とが接する部分の面積よりも、前記p<sup>+</sup>型半導体層又はn<sup>+</sup>型半導体層と前記正電極又は負電極とが接する部分の面積が小さくなるように、前記溝が形成されていることを特徴とする、請求項2に記載の光起電力素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池等の、光エネルギーを電力に変換する光起電力(photovoltaic)素子に関する。

【0002】

【従来の技術】光起電力素子では、表面側に電極を設けた場合、入射する光の量が減少することから、裏面側のみ電極を有する裏面電極型という構造の光起電力素子がある。かかる裏面電極型光起電力素子として、裏面での表面再結合を防止して高性能化を図るべく裏面全体に拡散層を設けた構造のものが知られている(例えば、特開平8-213646号公報参照)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】図1は、p<sup>+</sup>型層及びn<sup>+</sup>型層からなる拡散層が裏面全体に形成された従来の裏面電極型光起電力素子の構造を示す断面図である。この構造ではp<sup>+</sup>型層とn<sup>+</sup>型層とが接しており、このようにp<sup>+</sup>型層とn<sup>+</sup>型層とが隣り合うときのエネルギーバンド構造は図2に示されるようになる。

【0004】そして、電子の波動性により、図中の矢印で示されるような、ポテンシャルバリアーを突き抜けるトンネル現象が生ずる。これは、n<sup>+</sup>型層に収集された電子の一部がp<sup>+</sup>型層に(又は、p<sup>+</sup>型層に収集された正孔の一部がn<sup>+</sup>型層に)流れ込むことを意味する。結果として、光起電力素子での発電による電流量が低下し、損失となる。

【0005】本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、裏面に拡散層として設けられるp<sup>+</sup>型層とn<sup>+</sup>型層とを電気的に分離してトンネル効果によりそれらの間をリーク電流が通り抜けるのを防止することにより性能の向上を図った裏面電極型光起電力

素子を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の面によれば、半導体基板と、前記半導体基板の裏面に拡散により形成され、前記半導体基板のキャリア濃度よりも高いキャリア濃度を有するp<sup>+</sup>型半導体層及びn<sup>+</sup>型半導体層と、前記p<sup>+</sup>型半導体層及びn<sup>+</sup>型半導体層にそれぞれ接続された正電極及び負電極と、を備えた裏面電極型の光起電力素子において、前記p<sup>+</sup>型半導体層と前記n<sup>+</sup>型半導体層との間に溝が形成されていることを特徴とする光起電力素子が提供される。

【0007】上述の如く構成された、本発明の第1の面による光起電力素子においては、p<sup>+</sup>型半導体層とn<sup>+</sup>型半導体層とが溝により分離されることにより、トンネル現象が発生しない。したがって、収集された電子及び正孔を効率良く電極から取り出すことができ、光起電力素子の性能が向上する。

【0008】また、本発明の第2の面によれば、前記本発明の第1の面による光起電力素子において前記溝が絶縁性物質で埋められる。

【0009】この本発明の第2の面による光起電力素子においては、溝が絶縁性物質で埋められていることで、素子の強度が増大せしめられるとともに、溝の部分の汚染が防止される。

【0010】また、本発明の第3の面によれば、前記本発明の第2の面による光起電力素子において、前記p<sup>+</sup>型半導体層又はn<sup>+</sup>型半導体層と前記半導体基板とが接する部分の面積よりも、前記p<sup>+</sup>型半導体層又はn<sup>+</sup>型半導体層と前記正電極又は負電極とが接する部分の面積が小さくなるように、前記溝が形成される。

【0011】半導体層と電極との接触面積は、大きすぎるとキャリアの再結合が促進されるため、接触抵抗が問題にならない程度にまで小さいことが好ましい。この本発明の第3の面による光起電力素子においては、絶縁性物質上に電極を形成することができるため、半導体層と電極との接触面積を増加することなく電極の面積を大きくすることができる。その結果、電極の抵抗による損失を低減することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0013】図3は、本発明の第1実施形態に係る光起電力素子の断面図である。p型又はn型の半導体基板10の裏面には、拡散法を用いて、n<sup>+</sup>型半導体層20とp<sup>+</sup>型半導体層22とがそれぞれ交互に形成されている。キャリアを収集するために、これらのn<sup>+</sup>型半導体層20及びp<sup>+</sup>型半導体層22のキャリア濃度は、p又はn型半導体基板10のキャリア濃度よりも高い。

【0014】また、半導体基板10の裏面側には、n<sup>+</sup>型半導体層20に接続される負(－)電極30とp<sup>+</sup>型



半導体層22に接続される正(+)電極32とが設けられ、裏面電極型構造を実現している。

【0015】図3の光起電力素子では、表面側から入射した光が半導体基板10において吸収され、電子と正孔とが生成される。生成された電子は、n<sup>+</sup>型半導体層20の領域へと拡散していき負(-)電極30に集められる一方、生成された正孔は、p<sup>+</sup>型半導体層22へと拡散していき正(+)電極32に集められる。かくして、光の吸収によって生成された電子と正孔とが分離され、光起電力が生ずることとなる。

【0016】そして、図3に示される光起電力素子では、n<sup>+</sup>型半導体層20とp<sup>+</sup>型半導体層22とは、その境界にエッチング、機械加工等により溝が形成されることにより、分離されている。したがって、先に図1及び図2により説明したトンネル現象は発生せず、収集された電子及び正孔は効率良く負(-)電極30及び正(+)電極32から取り出されることとなり、光起電力素子の性能が向上する。

【0017】なお、かかる溝の形成により露出した表面を、水素、ハロゲン元素等で終端処理(パッシベーション)することにより、効果的に光起電力素子の特性を向上させることができる。

【0018】ここで、図3に示される光起電力素子の具体的構造について説明すると、例えば、半導体基板10は、キャリア濃度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $100 \mu\text{m}$ を有するp型Ge基板である。

【0019】また、n<sup>+</sup>型半導体層20は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $1 \mu\text{m}$ を有するn<sup>+</sup>型Ge層である。同様に、p<sup>+</sup>型半導体層22は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $1 \mu\text{m}$ を有するp<sup>+</sup>型Ge層である。

【0020】また、負(-)電極30は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。同様に、正(+)電極32は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。

【0021】なお、半導体基板10としては、Ge基板に代えて、Si、SiGe、SiC、CSiGe等の基板を用いることができる。

【0022】また、図3では、n<sup>+</sup>型半導体層20よりもp<sup>+</sup>型半導体層22が大きく示されているが、これとは逆、又は同じ大きさであってもよい。

【0023】図4は、本発明の第2実施形態に係る光起電力素子の断面図である。図4においては、図3における要素と同一の要素に同一の符号が付されることにより、その説明が省略される。

【0024】図3の構造に対する図4の構造の相違点は、n<sup>+</sup>型半導体層20とp<sup>+</sup>型半導体層22と間に形成された溝の部分が絶縁性物質40で埋められているという点にある。

【0025】したがって、図4の構造では、図3の構造による作用効果に加えて、溝が絶縁性物質で埋められて

いることにより、素子の強度が増大するとともに溝の部分の汚染が防止されるという作用効果がある。

【0026】ここで、図4に示される光起電力素子の具体的構造について説明すると、例えば、半導体基板10は、キャリア濃度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $100 \mu\text{m}$ を有するp型Ge基板である。

【0027】また、n<sup>+</sup>型半導体層20は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $1 \mu\text{m}$ を有するn<sup>+</sup>型Ge層である。同様に、p<sup>+</sup>型半導体層22は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $1 \mu\text{m}$ を有するp<sup>+</sup>型Ge層である。

【0028】また、負(-)電極30は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。同様に、正(+)電極32は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。また、絶縁性物質40は、SiNxである。

【0029】なお、半導体基板10としては、Ge基板に代えて、Si、SiGe、SiC、CSiGe等の基板を用いることができる。

【0030】また、図4では、n<sup>+</sup>型半導体層20よりもp<sup>+</sup>型半導体層22が大きく示されているが、これとは逆、又は同じ大きさであってもよい。

【0031】図5は、本発明の第3実施形態に係る光起電力素子の断面図である。図5においては、図3及び図4における要素と同一の要素に同一の符号が付されることにより、その説明が省略される。図5の構造は、図3又は図4の構造による作用効果に加えて、以下のような作用効果を奏する。

【0032】図4の構造に対する図5の構造の相違点は、n<sup>+</sup>型半導体層20とp<sup>+</sup>型半導体層22との間に形成された溝の形状にある。すなわち、溝の形状がV字型とされており、p<sup>+</sup>型半導体層22又はn<sup>+</sup>型半導体層20と半導体基板10とが接する部分の面積よりも、p<sup>+</sup>型半導体層22又はn<sup>+</sup>型半導体層20と正電極32又は負電極30とが接する部分の面積が小さくなっている。

【0033】半導体層20、22と電極30、32との接触面積は、大きすぎるとキャリアの再結合が促進されるため、接触抵抗が問題にならない程度にまで小さいことが好ましい。

【0034】図5の構造の光起電力素子においては、絶縁性物質40上に電極30、32を形成することができるため、半導体層20、22と電極30、32との接触面積を増加することなく電極30、32の面積を大きくすることができる。その結果、電極の抵抗による損失を低減することができる。

【0035】また、図5の構造の光起電力素子においては、表面に垂直な入射光に対して垂直でない面を溝が備えているため、裏面側まで到達した光は斜め方向に反射する。その結果、光閉じ込め効果がある。

【0036】ここで、図5に示される光起電力素子の具



体的構造について説明すると、例えば、半導体基板10は、キャリア濃度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $150 \mu\text{m}$ を有するp型Si基板である。

【0037】また、 $n^+$ 型半導体層20は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $2 \mu\text{m}$ を有する $n^+$ 型Si層である。同様に、 $p^+$ 型半導体層22は、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、拡散深さ $2 \mu\text{m}$ を有する $p^+$ 型Si層である。

【0038】また、負(-)電極30は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。同様に、正(+)電極32は、膜厚 $2 \mu\text{m}$ を有するAl電極である。また、絶縁性物質40は、 $\text{SiO}_2$ である。

【0039】なお、半導体基板10としては、Si基板に代えて、Ge、SiGe、SiC、CSiGe等の基板を用いることができる。

【0040】また、図5に示される構造では、V字型の溝が形成されているが、図6に示されるように、円弧状の溝を形成するようにしても、あるいは、図7に示されるように、階段状の溝を形成するようにしてもよい。ただし、図7に示されるように階段状の溝を形成する場合にあっては、光閉じ込めの効果はない。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、裏面電極型光起電力素子において、裏面に拡散層として設けられる $p^+$ 型層と $n^+$ 型層とが電気的に分離されるこ

とで、トンネル効果によりそれらの間をリーク電流が通り抜けるのが防止され、性能の向上が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 $p^+$ 型層及び $n^+$ 型層からなる拡散層が裏面全体に形成された従来の裏面電極型光起電力素子の構造を示す断面図である。

【図2】 $p^+$ 型層と $n^+$ 型層とが隣り合うときのエネルギーバンド構造を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る光起電力素子の断面図である。

【図4】本発明の第2実施形態に係る光起電力素子の断面図である。

【図5】本発明の第3実施形態に係る光起電力素子の断面図である。

【図6】第3実施形態の変形例を示す断面図である。

【図7】第3実施形態の他の変形例を示す断面図である。

【符号の説明】

10…p型又はn型の半導体基板

20… $n^+$ 型半導体層

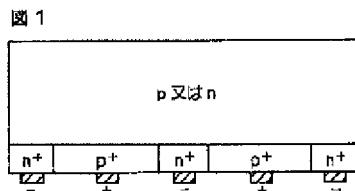
22… $p^+$ 型半導体層

30…負(-)電極

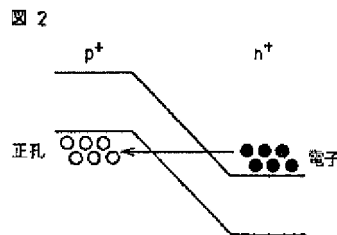
32…正(+)電極

40…絶縁性物質

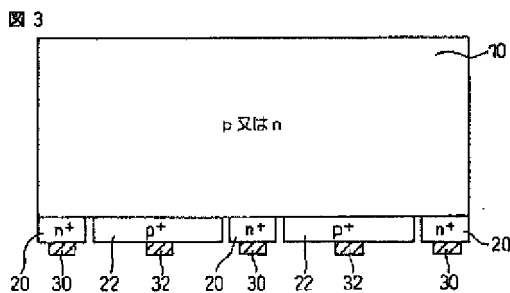
【図1】



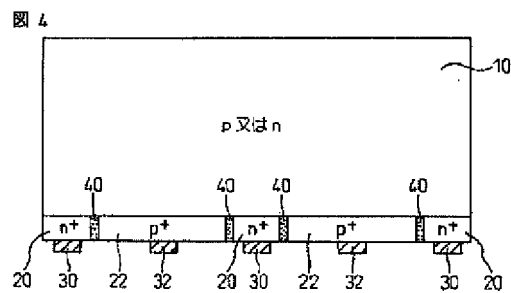
【図2】



【図3】



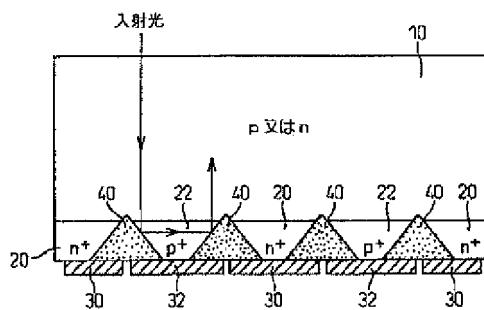
【図4】





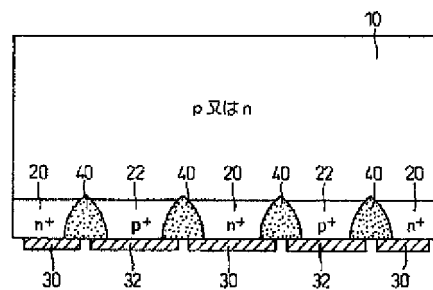
【図5】

図 5



【図6】

図 6



【図7】

図 7

